

GUILHERME LUIZ NAVES ALVES

MICORRIZA VESICULAR-ARBUSCULAR NO CRESCIMENTO
E UTILIZAÇÃO DO FÓSFORO DO SOLO PELA
BRAQUIÁRIA E ESTILOSANTES

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das exi-
gências do Curso de Pós-graduação em Agro-
nomia, área de concentração Solos e Nutrição
de Plantas, para obtenção do grau de "MES-
TRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

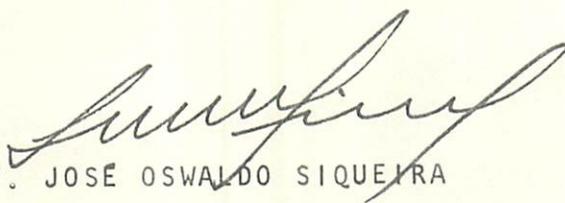
LAVRAS - MINAS GERAIS

1988

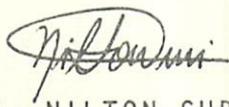
Cot
2 et

MICORRIZA VESICULAR-ARBUSCULAR NO CRESCIMENTO E UTILIZAÇÃO
DO FÓSFORO DO SOLO PELA BRAQUIÁRIA E ESTILOSANTES

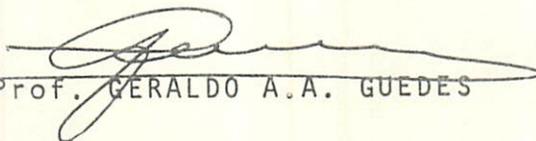
APROVADA:



Prof. JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA



Prof. NILTON CURI



Prof. GERALDO A.A. GUEDES



Prof. JANICE GUEDES DE CARVALHO

A meus pais, esposa e filho,
Aos tios Antonio e Iracema,
Hélio e Eliseu.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura de Lavras, através do Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar este curso.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela concessão da bolsa de estudos e a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, pelo auxílio financeiro para a execução da pesquisa.

Ao professor José Oswaldo Siqueira pela amizade, eficiente orientação, estímulo, dedicação e confiança durante a realização deste trabalho.

Aos professores Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, Nilton Curí e Janice Guedes de Carvalho, pela amizade, oportunas sugestões e constante incentivo.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo, pelo apoio, sugestões e ensinamentos durante a realização do curso.

Aos colegas de curso e funcionários do Departamento de Ciência do Solo pela amizade e incentivo.

BIOGRAFIA

GUILHERME LUIZ NAVES ALVES, filho de Leopoldo Alves e Tereza Naves Alves, nasceu em Belo Horizonte - MG, em 31 de janeiro de 1957.

Realizou seus estudos de 1º e 2º graus em Belo Horizonte - MG. Em 1977, iniciou o curso de Engenharia Agronômica na Escola Superior de Agricultura de Lavras, concluindo-o em julho de 1981.

Em março de 1984 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

SUMÁRIO

Página

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	4
	2.1. Adsorção e disponibilidade de P no solo	4
	2.2. Micorrizas vesicular-arbusculares e seus efeitos no crescimento e absorção de P pelas raízes	6
3.	MATERIAL E MÉTODOS	10
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
	4.1. Disponibilidade de P no solo	16
	4.2. Crescimento vegetal	16
	4.3. Acúmulo de fósforo na planta	22
	4.4. Fracionamento do fósforo no solo.....	24
	4.5. Considerações gerais	27
5.	CONCLUSÕES	28
6.	RESUMO	29
7.	SUMMARY	31
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
	APÊNDICE	41

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Características físicas e químicas de amostras da camada de 0-20 cm dos solos antes da aplicação de superfosfato - ESAL, Lavras - MG, 1988	11
2	Produção de matéria seca pelo estilosantes nos diferentes cortes, solos e tratamentos - Média de 3 repetições - ESAL, Lavras - MG, 1988	18
3	Produção de matéria seca pela braquiária nos diferentes cortes, solos e tratamentos - Média de 3 repetições - ESAL, Lavras - MG, 1988	21
A-1	Fertilidade do solo após os cultivos com diferentes tratamentos - Média de 3 repetições - ESAL, Lavras - MG, 1988	42

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Disponibilidade de P no solo em diferentes épocas <u>a</u> pós a aplicação do fosfato	17
2	Resposta da braquiária e do estilosantes à inocula- ção com o fungo <i>G. macrocarpum</i> (A) e elevação na do- se de fosfato aplicado no solo (B) em dois Latosso- los com elevada capacidade de adsorção de P	20
3	Efeito da micorrização (M) na acumulação de P na par- te aérea do estilosantes (2 cortes) e braquiária (3 cortes) em dois solos adubados com duas doses de P ..	23
4	Distribuição das frações de P no solo G ₆ não culti- vado, cultivado com estilosantes e braquiária na pre- sença e ausência de micorriza (M)	25
5	Distribuição das frações de P no solo G ₁ não culti- vado, cultivado com estilosantes e braquiária na pre- sença e ausência de micorriza (M)	26

1. INTRODUÇÃO

O fósforo ocupa um lugar especial entre os elementos que são essenciais para a vida das plantas, devido à variedade e complexidade dos processos metabólicos em que ele participa nos vegetais, sendo componente estrutural de vários compostos bioquímicos, incluindo ácidos nucleicos, coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos, TATE (44).

Devido principalmente à elevada capacidade de retenção e à conseqüente baixa concentração de P em solução, o P é o nutriente cuja falta no solo, mais frequentemente limita a produção agrícola na maioria dos solos tropicais ácidos, onde são gastas grandes quantidades de fertilizantes fosfatados, LOPES (24). De acordo com Sanchez & Cochrane, citados por SANCHEZ & SALINAS (40), 82% dos solos tropicais das Américas com uma área estimada em 1.493.000.000 ha, possuem deficiência de P, sendo que 53% destes possuem alta capacidade de retenção de fosfato. Diante das considerações que sugerem ser o P a fonte mineral mais perto da exaustão TINKER (45), torna-se necessário aumentar a eficiência de sua utilização pelas plantas, diminuindo as doses de fertilizantes a

plicados ao solo, para se obter produtividade satisfatória e prolongar a vida das reservas de fosfatos.

A retenção de fosfato, consiste na transformação do P solúvel aplicado via fertilização a formas menos disponíveis para as plantas, envolvendo reações de precipitação e de adsorção RAJAN & FOX (35). No primeiro processo, o íon fosfato ($H_2 PO_4^-$), reage com o Al e Fe da solução do solo, formando fosfatos de Al e Fe insolúveis TISDALE & NELSEN (46), enquanto na adsorção, o $H_2 PO_4^-$ é retido quimicamente na superfície de hidróxidos de Al ou óxidos de Fe, HSU (22). A adsorção pode ser revertida, fazendo com que o P adsorvido seja liberado lentamente, aumentando a eficiência do adubo fosfatado aplicado ao solo, BARROW (3). Devido à retenção do fosfato no solo, para obter produtividades elevadas, geralmente é necessário aplicar-se quantidades de P até 10 vezes superior a requerida pelas culturas. Isto eleva seu custo de produção, podendo até inviabilizá-la em certas situações.

As micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) são associações mutualistas formadas por fungos da família Endogonaceae e raízes da maioria das espécies vegetais. Estas associações, aumentam a absorção de P, quando as plantas crescem em solos com baixa disponibilidade deste nutriente. Isto decorre do maior volume de solo explorado pelas hifas do fungo, que absorvem P fora da zona de esgotamento dos pelos radiculares, MOSSE (26). As MVA não aumentam a disponibilidade de P no solo, elas apenas usam mais eficientemente o P em solução, o que pode reduzir o requerimento externo de P pelas culturas, representando uma grande eco-

nomia de fertilizantes fosfatados. Se as MVA pudessem ser manejadas de modo a aumentar em apenas 20% a absorção do P, cerca de 1 milhão de t de P_2O_5 seriam economizadas apenas na cultura de soja no cerrado, SIQUEIRA & PAULA (42).

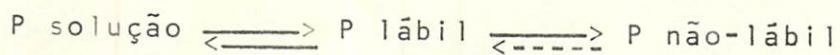
Os solos predominantes na região dos cerrados (Latosolos), apresentam como principais minerais da fração argila, caulinita, gibbsita, hematita e goethita em diferentes proporções, CURI & FRANZMEIER (13), sendo que a goethita revela valores muito altos de adsorção de fosfatos RESENDE et alii (36). As MVA não solubilizam o P do solo, mas plantas micorrizadas parecem utilizar mais eficientemente o P fixado pela goethita do que as não micorrizadas, conforme sugerido por PARFITT (31). Assim, plantas micorrizadas podem potencialmente aumentar a dessorção do P retido no solo, aumentando sua absorção pelas raízes e eficiência da adubação fosfatada nos solos com elevada capacidade de adsorção.

No presente trabalho, foi avaliada a influência de MVA no crescimento e utilização do P do solo pela braquiária e estilosantes, crescendo em Latossolos adubados com diferentes quantidades de P solúvel.

2. REVISÃO DE LITERATURA

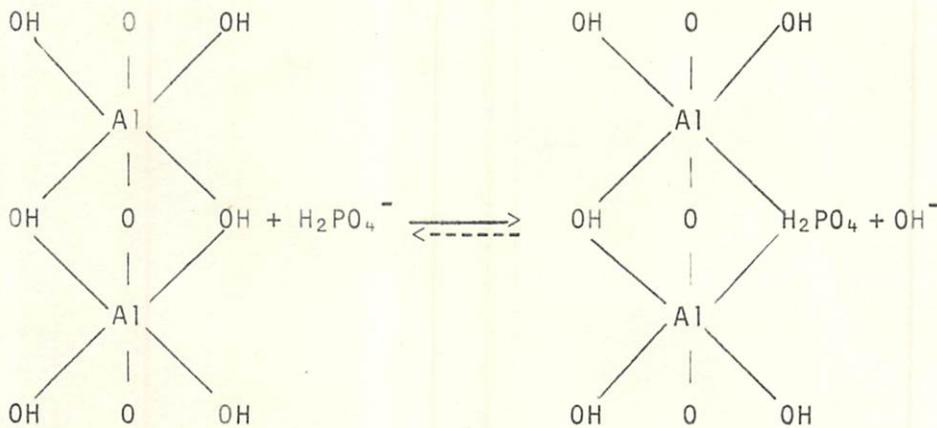
2.1. Adsorção e disponibilidade de P no solo

O fósforo adicionado ao solo na forma de fertilizante, dissolve-se e entra em solução. Uma parte, é absorvida pelas raízes, e o restante passa para a fase sólida, onde fica em parte como P lábil, que com o passar do tempo vai se tornando não lábil (forma não disponível). Com o abaixamento da concentração de P na solução do solo, o P lábil vai retornando a ela, sendo então absorvido pelas plantas. Segundo VAN RAIJ (47), os fosfatos que reagem com o solo não formam imediatamente ligações muito estáveis, permanecendo por bastante tempo em uma forma lábil, estabelecendo o seguinte equilíbrio:



O P lábil, é constituído principalmente de formas fracamente adsorvidas aos componentes do solo responsáveis pela adsorção, que nos solos ácidos são principalmente os óxidos (termo inclusivo para óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos) de Fe e Al, e bordas de minerais de argila, RAJAN & FOX (35). VAN RAIJ (47)

exemplificou o esquema de adsorção de P, utilizando a superfície de um óxido hidratado de Al como segue:



Segundo LOPES (24), o processo de adsorção é mais importante na retenção de fosfatos em solos sob cerrado que o processo de precipitação. Para este autor, a alta capacidade de "fixação" de fosfato e conseqüente baixa disponibilidade deste nutriente, são os principais problemas para seu uso, sendo de grande importância o processo inverso, ou seja, a dessorção (liberação) de P retido pelos óxidos de Fe e Al para a solução do solo, onde as plantas retiram o nutriente. OLSEN & KHASAWNEH (29) descreveram a adsorção como irreversível, o que tem sido contestado por outros pesquisadores. BARROW (1) argumentou que esta conclusão foi obtida em experimentos que não permitem comparações apropriadas, e demonstrou ser a adsorção pelo menos, parcialmente reversível. Tanto adsorção quanto dessorção são processos dinâmicos que ocorrem simultaneamente, mesmo em velocidade muito baixa (2, 4, 27). Em um trabalho que considerou vários fatores que afetam a dessorção (concentração de P, pH, período de reação e tem

peratura), BARROW (3) concluiu que o P aplicado ao solo por um longo período de tempo (100 dias) não foi "fixado", mas penetrou nas partículas do solo. Este mesmo autor, sugeriu que este P pode ser recuperado lentamente, ao se induzir uma pequena atividade superficial às partículas, provando a reversibilidade das reações de adsorção.

Mesmo sendo parcialmente reversível, o fenômeno de adsorção traz como consequência a redução na disponibilidade de P para as plantas, pois retira-o da solução do solo. Qualquer mecanismo capaz de acelerar a dessorção ou aumentar a utilização do P fixado torna-se de grande interesse para o manejo da adubação fosfatada nos solos tropicais.

2.2. Micorrizas vesicular-arbusculares e seus efeitos no crescimento e absorção de P pelas raízes

As raízes da maioria das plantas formam associações mutualistas com fungos da família endogonaceae, denominadas micorrizas vesicular-arbusculares (MVA). O principal benefício desta associação para as plantas, é o aumento na absorção de nutrientes, especialmente P. Outros nutrientes como K, N, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn, Cu e B podem também em certas circunstâncias ter sua absorção favorecida pelas MVA, conforme revisão de LOPES et alii (25), MOSSE (26).

Além disso, as MVA aumentam a nodulação e fixação de ni

trogênio atmosférico nas leguminosas. Quando o P no solo é limitante, as MVA conseguem suprir a planta e seus nódulos de quantidades adequadas deste nutriente, favorecendo a fixação biológica de nitrogênio, minimizando outro fator limitante para o crescimento vegetal nos solos tropicais (12, 14, 16, 20, 38).

Plantas micorrizadas geralmente apresentam maior absorção e acúmulo de P do solo que aquelas sem micorrizas, (30, 33, 41), sendo esse efeito relacionado com o tipo do seu sistema radicular, BAYLIS (6). Estudos com ^{32}P , mostram que as plantas micorrizadas possuem atividades específicas (relação $^{32}\text{p}/^{31}\text{p}$) semelhantes às aquelas não micorrizadas, indicando que essas plantas têm acesso às mesmas formas de P do solo. As MVA, apenas aumentam a eficiência de utilização do P da solução do solo, o que ocorre através dos seguintes mecanismos:

- a) *Maior exploração do solo pelas hifas* - BIELESKI (7), estimou que cada mm de raiz colonizada da qual saem 4 hifas de 15-25 μm de diâmetro e 20 mm de comprimento, poderá ter a absorção de P aumentada até 60 vezes, se a difusão for limitante. Além disso, essas hifas absorvem nutrientes fora da zona de esgotamento das raízes até a 8 cm da superfície, RHODES & GERDEMANN (37), o que aumenta muito o influxo de P na planta.
- b) *Maior capacidade de absorção das raízes micorrizadas* - raízes micorrizadas possuem menor valor de K_m e aumento no V_{max} de absorção de P do solo, CRESS et alii (11). Portanto, elas absorvem o P da solução do solo mais rapidamente.

- c) *Abaixamento do nível crítico de P na solução do solo* - Além da exploração de sítios não atingidos pelas raízes, as hifas possuem maior área de superfície e conseqüentemente maior atividade na absorção do P. Isso capacita as raízes micorrizadas a absorverem o P de concentrações bem mais baixas que as sem micorrizas, abaixando o nível crítico de P da solução do solo para a planta e favorecendo o deslocamento do equilíbrio no sentido P-retido \longrightarrow P-solução, aumentando a utilização do P-retido pelas raízes.
- d) *Outros mecanismos* - A maior absorção de cátions e ânions, modificações no pH da rizosfera podem influenciar o processo de utilização do P do solo pelas plantas micorrizadas. Não existem evidências que as MVA solubilizam formas de P no solo, mas vários estudos mostram que elas podem usar estas formas mais eficientemente, (28, 39, 49). ROSS & GILLIAN (39) encontraram que plantas micorrizadas fertilizadas com fosfato de Al, fosfato de Fe, fosfato de rocha e fosfato monocálcico, cresceram mais 79, 530, 0 e 56% respectivamente, que plantas não micorrizadas fertilizadas com as mesmas fontes de fosfato.

O P solúvel adicionado ao solo é convertido a fosfatos de Al, Fe ou Ca insolúveis e como as MVA aumentam a absorção de P destas formas, é esperado que elas favoreçam a utilização do P retido nos solos tropicais. Se isto ocorrer, as MVA facilitarão a utilização do P aplicado no solo o que se reverte em grandes benefícios para a produção agrícola nos solos ácidos com elevada ca

pacidade de retenção de fosfatos, como o caso da maioria daqueles sob cerrado, com especial importância para cultivos perenes onde grande quantidade de P é aplicado no plantio, como no caso das pastagens.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de dois Latossolos originados de material basáltico, coletados no município de Itumbiara, localizado no Sul do Estado de Goiás, classificados como Latossolo variação Una distrófico A moderado textura argilosa fase cerrado relevo plano (G₁) e Latossolo Roxo distrófico A moderado textura muito argilosa fase cerrado relevo plano (G₆), segundo SOUZA (43). De cada perfil coletaram-se cerca de 70 kg de solo da camada de 0-20 cm de profundidade, removendo-se a vegetação superficial. As amostras foram secas ao ar na sombra, e retiradas sub-amostras para caracterização física e química (Quadro 1), sendo posteriormente peneiradas em malha de 5 mm de abertura.

As determinações químicas foram realizadas segundo VETTORI (48) e EMBRAPA (17), constando de: Fe₂O₃, Al₂O₃, P₂O₅, SiO₂ e TiO₂ do ataque sulfúrico (H₂SO₄, 1:1-v/v); acidez potencial (H + Al), Ca, Mg e Al (extraídos pelo KCl 1N); P, K, Zn, Na, Cu, Fe e Mn (extraídos pelo HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025N); carbono orgânico determinado por oxidação úmida com K₂Cr₂O₇. A densidade de partículas foi determinada pela metodologia de BLAKE & HARTGE (8),

Quadro 1. Características físicas e químicas de amostras da camada de 0-20 cm dos solos antes da aplicação de superfosfato - ESAL, Lavras - MG, 1988

Características	Solo G ₁	Solo G ₆
pH em água	5,6	5,3
pH em KCl	4,8	4,4
Al ³⁺ (meq/100g)	0,1	0,4
Ca ²⁺ (meq/100g)	1,3	0,4
Mg ²⁺ (meq/100g)	0,6	0,2
K (meq/100g)	0,15	0,07
Na (meq/100g)	0,06	0,03
H ⁺ + Al ³⁺ (meq/100g)	5,06	6,27
P (ppm)	1,0	1,0
Cu (ppm)	5,1	3,1
Fe (ppm)	193	19
Mn (ppm)	120	21
Zn (ppm)	0,5	ND*
T (meq/100g)	7,2	7,0
S (meq/100g)	2,1	0,7
V (%)	29	10
m (%)	4	36
C. org (%)	2,3	1,9
Argila (%)	58	57
Silte (%)	7	14
Areia fina (%)	30	24
Areia grossa (%)	5	5
Superfície específica (m ² /g)	105	94
Densidade de partículas (g/cm ³)	2,7	2,7
Ataque sulfúrico: Al ₂ O ₃ (%)	28,80	27,10
Fe ₂ O ₃ (%)	18,20	22,90
P ₂ O ₅ (%)	0,16	0,17
SiO ₂ (%)	19,50	11,50
TiO ₂ (%)	5,80	5,90
Adsorção máxima de fosfato (µg P/g solo)	2900	1100
Índice de dessorção de fósforo (µg P/g solo)	25	39
Fração de P -Al (ppm)	26	36
P -Fe (ppm)	70	80
P -Ca (ppm)	86	60

ND* - Não detectado.

a análise granulométrica por agitação rápida segundo BOUYOUCOS (9), a superfície específica pelo método do EMEG, HEILMAN et alii (21). A adsorção/dessorção foi determinada segundo a metodologia utilizada por CURTI & FRANZMEIER (13) e SOUZA (43), em sub-amostras de TFSA com acidez corrigida com base nas curvas de neutralização de cada solo conforme QUAGGIO (34), de modo a elevar o pH para a faixa de 5,6-5,8. O fracionamento do P no solo, foi realizado segundo metodologia descrita por CHANG & JACKSON (10), modificado por PETERSEN & COREY (32), nos materiais de solo original, após a incubação com superfosfato e cultivos.

A acidez do solo foi corrigida com base nas curvas de neutralização, colocando-se o equivalente a 1,1 e 1,3 t/ha de calcário no solo G₁ e G₆ respectivamente. Após a incubação do solo úmido conforme FREIRE et alii (18), por 30 dias aplicaram-se na forma de superfosfato simples, 290 e 725 ppm de P no solo G₁ e 110 e 275 ppm de P no solo G₆, correspondendo a 5% (P₁) e 12,5% (P₂) da adsorção máxima de fosfato (AMF). Após a completa homogeneização as sub-amostras foram incubadas com umidade correspondente a 60% do VTP até a estabilização do P, que foi monitorada através de amostragens realizadas a cada 4 dias, sendo a determinação do P disponível, realizada pelo método de Mehlich 1. Após a incubação realizada durante 62 dias, as sub-amostras foram colocadas em vasos de polietileno, contendo 1,6 kg de solo.

Objetivando a extração do P fracamente adsorvido no solo, foi realizado um pré cultivo, com *Brachiaria decumbens* e *Pueraria phaseoloides* separadamente, durante 80 dias. Durante o pré

-cultivo, foram efetuadas 2 adubações nitrogenadas na braquiária na base de 4 mg N/vaso cada, Zn 0,3 mg/vaso e K 14 mg/vaso.

Após este pré cultivo, procedeu-se a desinfestação do solo com brometo de metila na dosagem de 263 cc/m³ de solo por 2 vezes, espaçados de uma semana. Procedeu-se então, nova calagem, aplicando 1,6 g de calcário super mil por vaso, elevando-se o pH a 5,7-5,9, incubando-se por 30 dias.

O experimento foi instalado seguindo o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x2 com 3 repetições, sendo os seguintes fatores: 2 doses de P (5 e 12,5% de AMF) presença e ausência do fungo endomicorrízico *Glomus macrocarpum* Tul & Tul, 2 solos (G₁ e G₆). Todos esses tratamentos foram testados em 2 espécies vegetais, uma gramínea e uma leguminosa. Como plantas teste utilizaram-se 3 plântulas pré-germinadas em vermiculita por 30 dias de braquiária (*Brachiaria decumbens*) ou estilósantes (*Stylosanthes guyanensis*) por vaso, inoculadas ou não com fungo micorrízico multiplicado a partir de esporos em braquiária, por 4 meses em casa de vegetação. Os esporos foram extraídos, conforme a metodologia de DANIELS & SKIPPER (15), obtendo-se então, uma suspensão que continha 100 esporos por ml. A inoculação foi realizada por ocasião do transplante colocando-se 1 ml de suspensão de esporos por planta, num total de 300 esporos por vaso. Nos tratamentos não inoculados, foram adicionados 1 ml de filtrado do inóculo sem esporos, procurando equilibrar a microbiota, sendo o estilósantes inoculado com suspensão de *Rhizobium* sp. do grupo cowpea.

Após o plantio, a umidade foi controlada diariamente, através de pesagens e irrigação com água desmineralizada, de modo a manter 60% do VTP ocupados com água, fazendo-se o rodízio semanal dos vasos. A cada 30 dias, os vasos de braquiária receberam 4 mg/vaso de N, na forma de uréia.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, no período de dezembro de 1984 a fevereiro de 1986.

Noventa dias após o plantio ou rebrota, procedeu-se o corte da parte aérea rente ao solo, sendo o material levado para a estufa com circulação forçada de ar a 60-65°C até peso constante. Foi então moído em moinho tipo Willey com peneira de 20 malhas/pol, e acondicionado em frascos de vidro para análises do teor de P na matéria seca, conforme HUNTER (23). A quantidade total de P acumulado foi calculada com base nos teores e produção de matéria seca total.

Na braquiária, foram realizados 3 cortes, enquanto que no estilosantes apenas 2, sempre aos 90 dias de crescimento.

Para a rebrota das plantas, foi realizada uma adubação com K (14 mg/vaso), Zn e B (0,3 mg/vaso), além de 4 mg/vaso de N na braquiária, a cada 30 dias.

Após o último corte, as raízes foram retiradas dos vasos, tomando-se 1,0 g de raiz fresca para verificação da taxa de colonização, seguindo metodologia de GIOVANETTI & MOSSE (19). Sub

-amostras de solo foram também retiradas para análise (Quadro A-1).

Foram feitas análises de variância para produção de matéria seca da parte aérea e raízes. Para comparação das médias, usou-se o teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. Para os teores e quantidades de P acumulados na planta não foi possível realizar análise de variância devido a insuficiência de material vegetal em muitos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Disponibilidade de P no solo

Conforme já demonstrado em outros estudos conduzidos nes es solos, CURI & FRANZMEIER (13), SOUZA (43), o P adicionado foi rapidamente imobilizado, (Figura 1). Aos quatro dias após a adição de P, verificou-se uma redução média de aproximadamente 40% na sua disponibilidade. A quantidade de P disponível foi supe - rior no solo G₁, em relação ao G₆, independentemente da quantidade aplicada, sendo que estas tendências não foram modificadas em função do tempo após a aplicação do superfosfato. Por ocasião do plantio, em média os dois solos diferiram bastante em relação a disponibilidade de P, sendo esta, mais baixa no solo G₆ indepen - dente da dose aplicada.

4.2. Crescimento vegetal

Os efeitos da inoculação com o fungo *Glomus macrocarpum* no crescimento do estilosantes em solos com diferentes níveis de P disponível, são apresentados no Quadro 2. Verifica-se que tanta

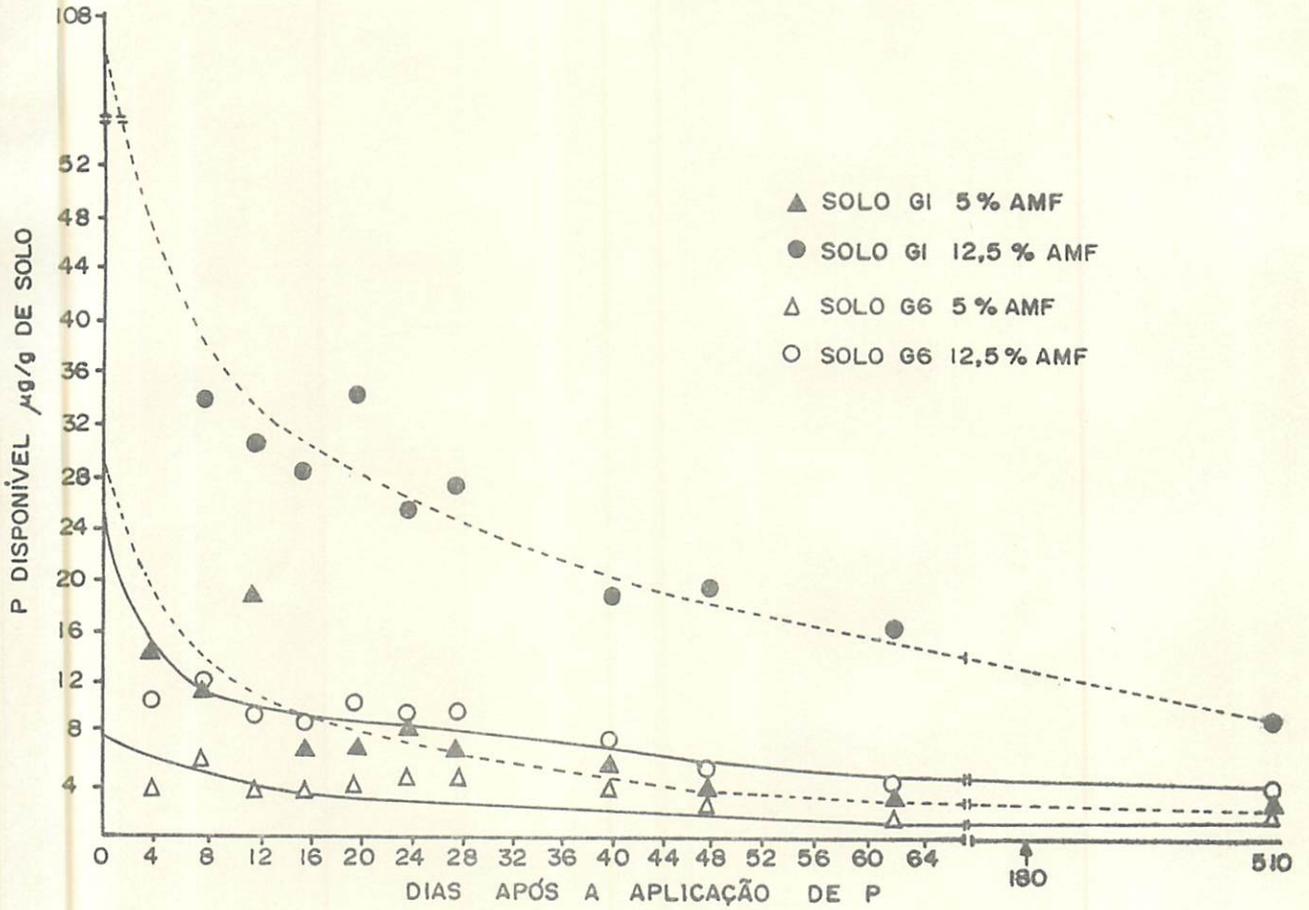


Figura 1. Disponibilidade de P no solo em diferentes épocas após a aplicação do fosfato

Quadro 2. Produção de matéria seca pelo estiracões nos diferentes cortes, solos e tratamentos - Média de 3 repetições - ESAL, Lavras - MG, 1988

P adicionado % da AMF	Matéria seca da parte aérea (g/vaso)						Matéria seca da raiz (g/vaso)	
	1º corte		2º corte		Total		Após 2º corte	
	C/M	S/M	C/M	S/M	C/M	S/M	C/M	S/M
Solo G ₁								
5	8,34	0,04	2,12	-	10,46	0,04	2,30	-
12,5	10,74	0,29	2,62	0,16	13,36	0,45	3,30	-
Solo G ₆								
5	6,59	0,04	2,20	-	8,79	0,04	2,13	-
12,5	9,07	0,16	2,89	0,06	11,96	0,22	2,03	-
DMS 1%	1,58		1,45		5,75		0,98	

C/M - com inoculação com *G. macrocarpum* e S/M sem inoculação.

to a adição de P, quanto a inoculação com *G. macrocarpum* influenciaram significativamente o crescimento desta leguminosa, que devido à morfologia de seu sistema radicular, apresenta elevada dependência a simbiose endomicorrízica e a disponibilidade de P no solo, CRUSH (12). Foi verificada resposta positiva a elevação do P, em ambos os solos no primeiro cultivo, tanto na presença quanto na ausência de *G. macrocarpum*, sendo este efeito menor na presença do fungo em ambos os solos, embora o crescimento tenha sido maior no solo G₁, na maior dose de P. No primeiro cultivo as plantas não micorrizadas cresceram muito pouco mesmo na dose mais elevada de P, e não rebrotaram após o primeiro corte, na menor dose deste nutriente. No segundo cultivo, o crescimento foi reduzido e não houve efeito significativo das doses de P. No solo G₁ que tem menor capacidade de dessorção do P fixado, houve maior resposta à adição de P e da micorriza (Figura 2). O efeito da micorriza foi muito maior na dose P₁ do que na P₂, em ambos os solos, enquanto o efeito da elevação na dose de P foi maior na ausência de micorriza, evidenciando a inter-relação entre esses dois fatores nos dois solos estudados.

Respostas semelhantes foram verificadas para a braquiária. Os efeitos de ambos os fatores estudados aumentaram com a sucessão nos cortes (Quadro 3). No terceiro corte plantas não micorrizadas e na dose mais baixa de P não rebrotaram. Considerando a produção total dos três cultivos, verifica-se maior resposta tanto para P, como para micorriza no solo G₁, sendo a resposta a P mais elevada que à micorriza, evidenciando sua elevada

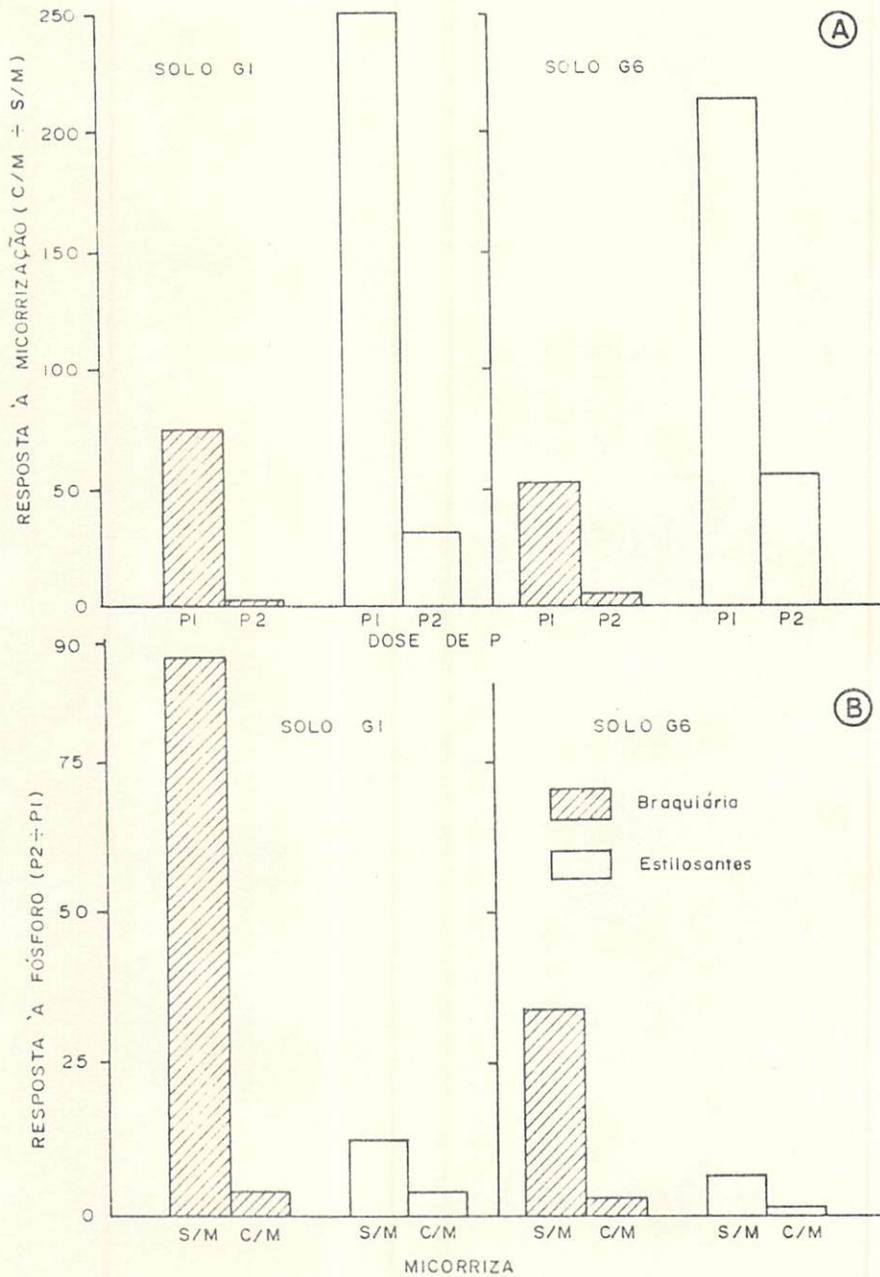


Figura 2. Resposta da braquiária e do estilosantes à inoculação com o fungo *G. macrocarpum* (A) e elevação na dose de fósforo aplicado (P_1 e $P_2 = 5$ e $12,5\%$ AMP) no solo (B) em dois Latossolos com elevada capacidade de adsorção de P. Os valores representam as razões da matéria seca total dos tratamentos OM/SM (A) e P_2/P_1 (B)

Quadro 3. Produção de matéria seca pela braquiária nos diferentes cortes, solos e tratamentos - Média de 3 repetições - ESAL, Lavras - MG, 1988

P adicionado % da AMF	Matéria seca da parte aérea (g/vaso)								Matéria seca da raiz (g/vaso)	
	1º corte		2º corte		3º corte		Total		Após 3º corte	
	C/M	S/M	C/M	S/M	C/M	S/M	C/M	S/M	C/M	S/M
Solo G ₁										
5	4,10	0,14	10,23	0,18	8,32	-	22,66	0,32	14,06	-
12,5	11,45	7,86	21,65	14,48	9,72	7,18	42,82	29,42	23,71	16,60
Solo G ₆										
5	1,71	0,13	8,20	0,16	8,20	0,16	15,81	0,29	8,58	-
12,5	8,52	2,79	13,99	2,24	7,20	4,25	29,72	9,28	16,33	4,48
DMS 1%	2,88		4,83		1,85		6,91		9,26	

C/M - Com inoculação com *G. macrocarpum* e S/M - sem inoculação.

capacidade de extração desse nutriente e menor dependência micorrízica em relação ao estilosantes, que mostrou baixa resposta à elevação de P tanto na ausência como na presença de *G. macrocarpum* (Figura 2).

A produção de raízes só foi medida após o último corte. O estilosantes respondeu a elevação na dose de P apenas no solo G₁ na presença de micorriza sendo que em sua ausência, as raízes não foram mensuráveis. Situação bem diferente foi verificada para a braquiária que respondeu a elevação do P quando na presença de micorriza e não apresentou raízes mensuráveis na dose P₁ sem micorriza (Quadros 2 e 3). Avaliação da taxa de colonização micorrízica dessas raízes mostrou valores entre 60-70% em todos os tratamentos inoculados.

4.3. Acúmulo de fósforo na planta

Falta de material ocasionada pela ausência de rebrota e crescimento em alguns tratamentos, dificultou comparações estatísticas. Entretanto, os efeitos da inoculação com *G. macrocarpum* são marcantes para as duas espécies vegetais, nos dois solos e doses de P utilizadas (Figura 3). A quantidade total de P absorvido foi maior no solo G₁ que no solo G₆ e nas doses mais elevadas de P (independentemente do solo). Plantas de estilosantes não micorrizadas tiveram crescimento muito reduzido, o que resulta da sua baixa capacidade de utilizar o P do solo, ao contrário do observado para a braquiária que mesmo sem micorriza conseguiu

[REDACTED]

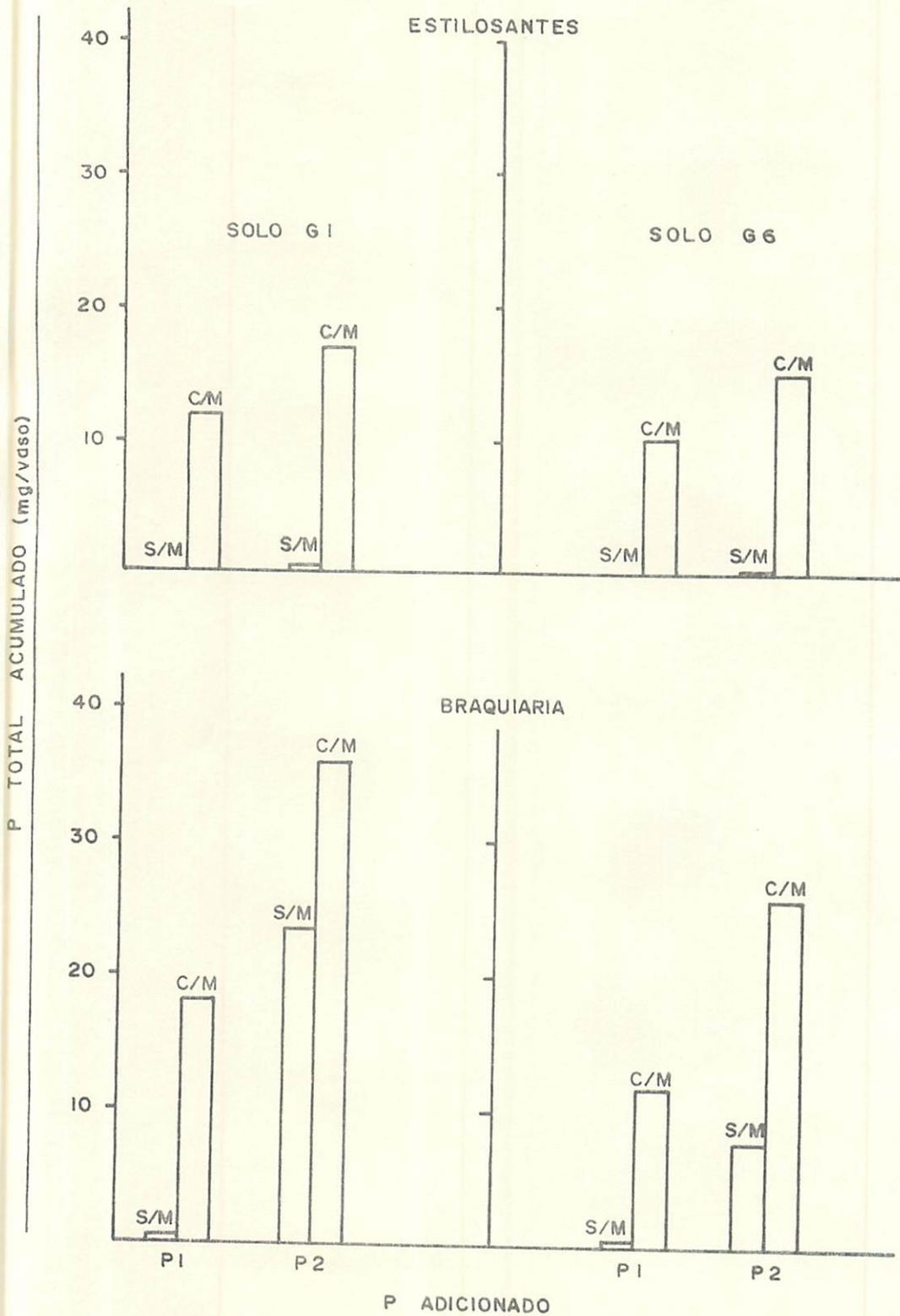


Figura 3. Efeito da micorrização (M) na acumulação de P na parte aérea do estilosantes (2 cortes) e braquiária (3 cortes) em dois solos adubados com duas doses de P (5 e 12,5% AMF)

absorver P do solo principalmente na dose mais elevada. Isso evidencia a maior eficiência de utilização do P do solo por esta gramínea, o que explica sua elevada adaptabilidade aos solos ácidos e deficientes em P encontrados nos trópicos. Mesmo assim, a braquiária beneficiou-se da micorrização, independentemente do solo e dose de P aplicada.

4.4. Fracionamento do fósforo no solo

A distribuição do P no solo nas frações ligadas a Fe, Al e Ca é apresentada nas Figuras 4 e 5. Na ausência de planta, a aplicação de P aumentou as frações de P-Fe e P-Al nos dois solos, sendo o efeito da elevação na dose mais acentuado no G₆. Para P-Ca, não houve diferenças em ambos os solos, mesmo com planta.

No solo G₁ em que foi cultivado estilosantes, houve aumento no P-Fe na maior dose de P e redução no P-Al em ambas as doses. Plantas micorrizadas reduziram a fração P-Fe, na dose mais alta de P. No G₆, não houve efeito claro na fração P-Fe, e tendência de redução no P-Al na dose mais elevada de P. Para a braquiária no solo G₁, verifica-se tendência semelhante sendo o efeito da micorriza na redução do P-Fe e P-Al mais acentuado, evidenciando a maior capacidade desta espécie de utilizar o P do solo. No solo G₆, esses efeitos foram pouco evidenciados.

Esses resultados, indicam que as plantas micorrizadas utilizam de maneira diferenciada as frações de P no solo em fun-

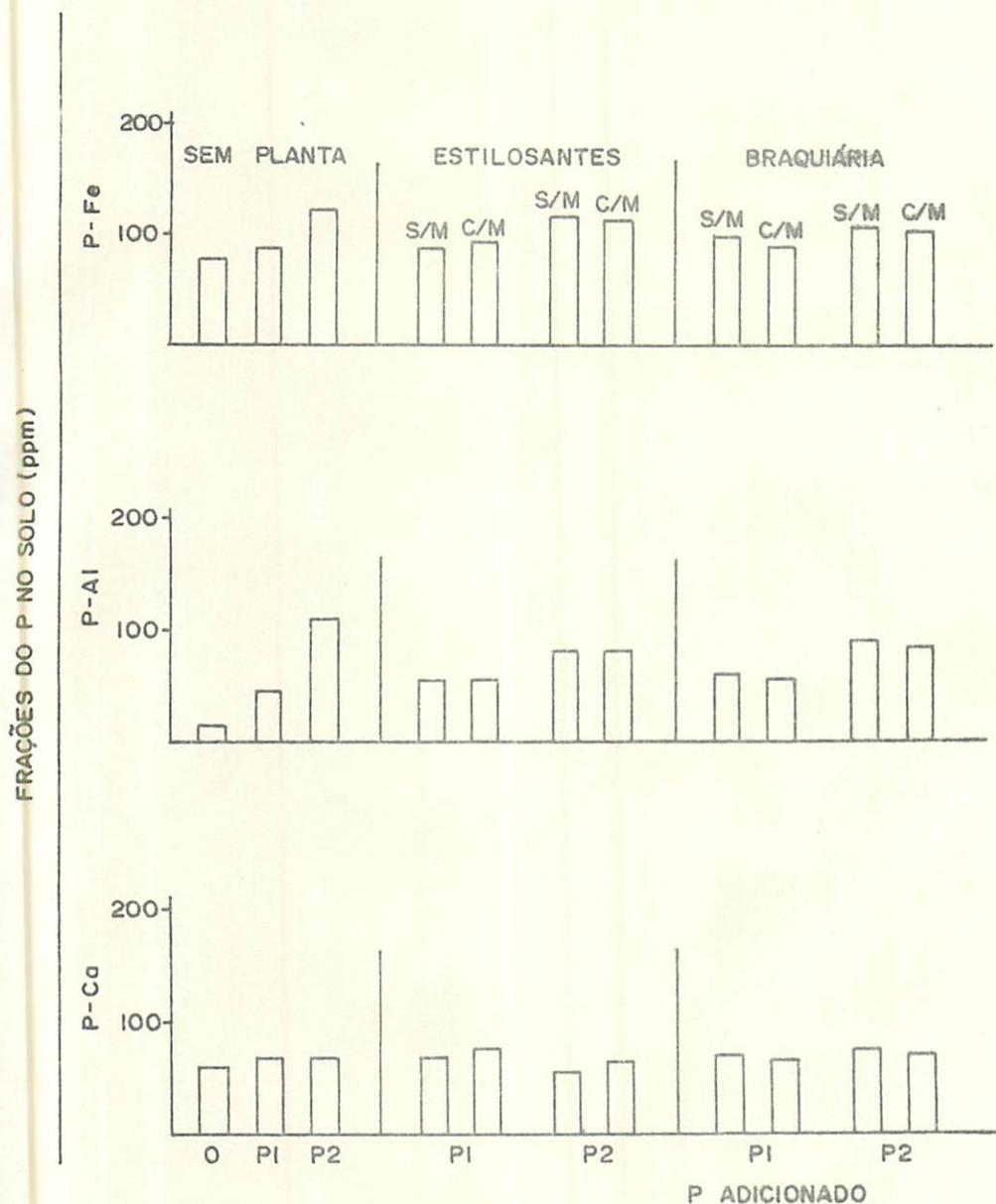


Figura 4. Distribuição das frações de P no solo G₆ não cultivado, cultivado com estilosantes e braquiária na presença e ausência de micorriza (M). P₁ e P₂ correspondem a 5 e 12,5% da AMF

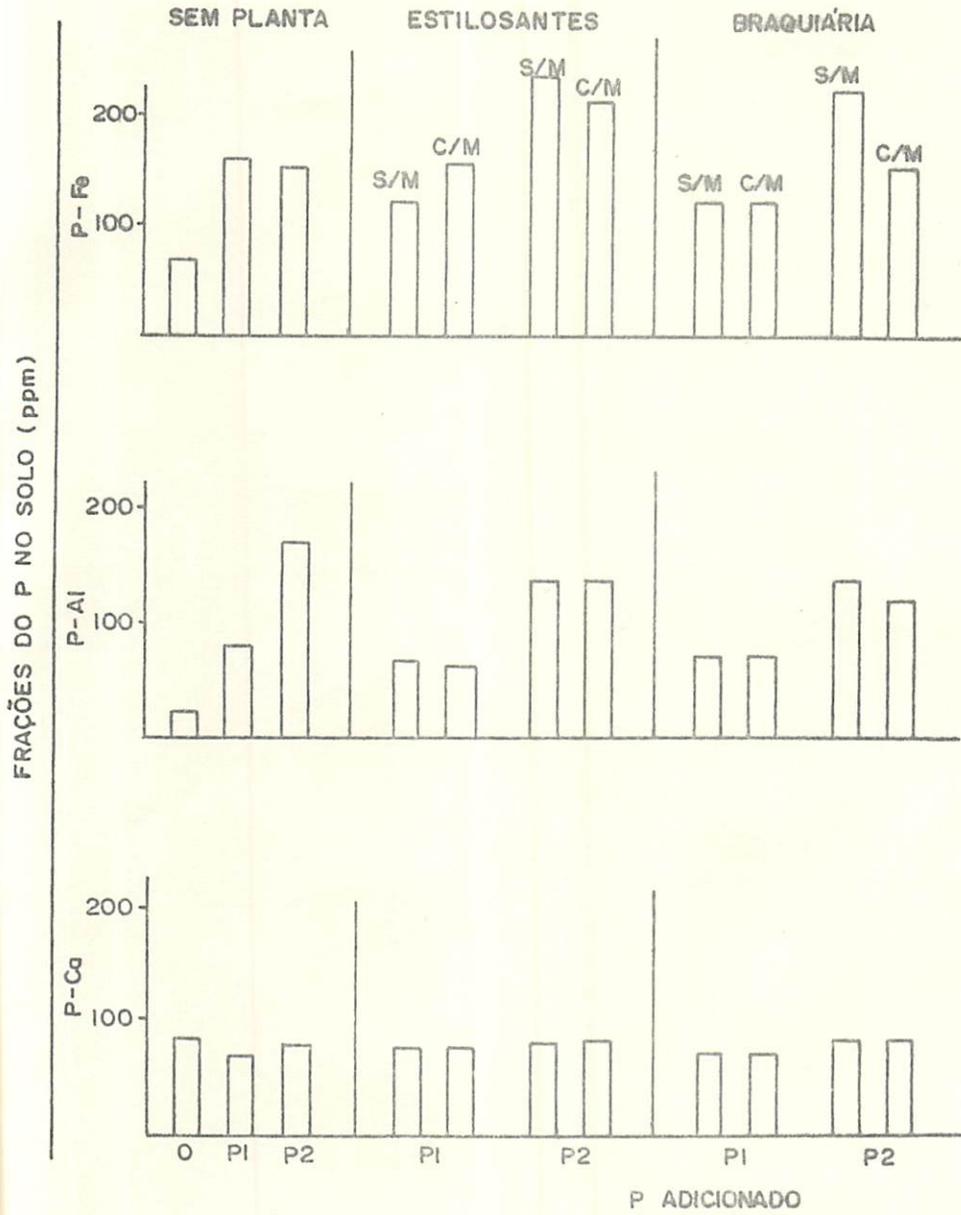


Figura 5. Distribuição das frações de P no solo G₁ não cultivado, cultivado com estilosantes e braquiária na presença e ausência de micorriza (M). P₁ e P₂ correspondem a 5 e 12,5% da AMF

ção da espécie vegetal, tipo de solo e quantidade de P no solo. Estes dados permitem inferir que plantas micorrizadas utilizam mais o P-Al do que o P-Fe, embora plantas de braquiária micorrizadas parecem absorver também P-Fe, o que corrobora os resultados de ROSS & GILLIAM (39), YOUNG et alii (49), ambos trabalhando com soja.

4.5. Considerações gerais

Os resultados deste trabalho evidenciam o potencial das micorrizas para melhoria da eficiência de utilização do P aplicado nos solos ácidos e com elevada capacidade de fixação de fosfatos, predominantes nas regiões tropicais, principalmente nos sistemas de produção que envolvem cultivos perenes. Mesmo plantas consideradas pouco dependentes ao micotrofismo, como a braquiária, podem beneficiar-se desta simbiose quando se trata de solos com elevada capacidade de retenção de fosfatos. Estudos mais detalhados, utilizando-se metodologias mais apropriadas como a diluição isotópica com ^{32}P , e solos de diferentes regiões geográficas, poderão contribuir para o melhor entendimento deste fenômeno, possibilitando seu domínio científico e utilização nos sistemas de produção, visando aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados na agricultura tropical, prolongando assim a vida útil das reservas deste importante nutriente, cuja exaustão representaria uma ameaça para a vida no planeta.

5. CONCLUSÕES

- 1) A utilização de formas de P pouco disponíveis no solo, depende da espécie vegetal, do tipo de solo e presença de micorrizas.
- 2) Plantas micorrizadas utilizam mais P das frações pouco disponíveis no solo, tanto da forma P-Al quanto da forma P-Fe.

6. RESUMO

Avaliou-se a influência de micorriza vesicular-arbuscular (MVA) no crescimento e utilização do fósforo (P) do solo pela braquiária e estilosantes, crescendo em Latossolo Roxo distrófico (G₆) e Latossolo variação Una distrófico (G₁) adubados com diferentes quantidades de P solúvel, baseando-se na capacidade máxima de adsorção de fosfato (AMF). Após calagem os solos foram incubados durante 62 dias com P nas doses de 290 e 725 ppm de P para o solo G₁, e 110 e 275 ppm de P para o solo G₆, correspondendo a 5 e 12,5% da AMF. Após a incubação, foi realizado um pré-cultivo com braquiária e pueraria por 80 dias, visando a retirada do P fracamente adsorvido. Após a colheita da parte aérea e raízes, os solos foram desinfestados com Brometo de Metila. O experimento constou de cultivos sucessivos com braquiária (3 cortes) e estilosantes (2 cortes), sendo cada corte espaçado de 90 dias. Foi conduzido em casa de vegetação seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x2 com três repetições, sendo 2 doses de P (5 e 12,5% de AMF), 2 solos (G₁ e G₆), presença e ausência do fungo micorrízico *Glomus macrocarpum*, separadamente com as duas espécies vegetais. Tanto a adição de

P quanto a inoculação com *G. macrocarpum* influenciaram de maneira positiva e significativamente o crescimento e absorção de P pelas plantas nos dois solos. No solo G₁, tanto o estilosantes quanto a braquiária reduziram P-Al e a braquiária reduziu P-Fe, na dose mais elevada de P. Para o solo G₆, esses efeitos foram pouco evidentes. Conclui-se que a utilização de formas de P não disponíveis no solo, depende da espécie vegetal, do tipo de solo e presença de micorriza. As plantas micorrizadas utilizam mais eficientemente o P não disponível no solo, principalmente nas formas ligadas a Fe e Al.

7. SUMMARY

The utilization of P from the soil and the dry matter production of *Brachiaria decumbens* and *Stylosanthes guyanensis* influenced by VAM were studied in two oxisols named G₁ and G₆ fertilized with increasing quantities of soluble P, based on maximum P adsorption (MPA). After liming, the soils were treated with P (290 and 725 ppm P for G₁ soil and 110 and 275 ppm P for G₆ soil), which corresponds to 5% and 12,5% of MPA, and then stored for sixty two days. After storage a cultivation with *Brachiaria decumbens* and *Pueraria phaseoloides* was made, so that the P which was weakly adsorbed could be taken out. After eighty days, shoots and roots were collected, and the soils disinfested. The experiment was conducted in a greenhouse, where the *Brachiaria* had their shoots cut for 3 times and the *Stylosanthes* for 2 times, after ninety days. The variables were the following: 2 levels of P (5 and 12,5% of MPA), presence and absence of VAM fungus *Glomus macrocarpum*, two types of soil (G₁ and G₆) 2 vegetal species (*Brachiaria decumbens* and *Stylosanthes guyanensis*), with 3 replications. The dry matter production and P absorption by *Stylosanthes* and *Brachiaria* in both soils were positively and

significantly increased by P adición and VAM inoculation. The highest level of P caused both *Stylosanthes* and *Brachiaria* to decrease the P-Al fraction in G₁ soil and P-Fe in *Brachiaria*. These effects were not found to be significant for G₆ soil. The results lead to the following conclusions: the utilization of P forms not available in the soil, depends on the vegetal species, soil type and VAM inoculation. Mycorrhizal plants utilized P forms not available in the soil, specially Fe and Al form, more effectively.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROW, N.J. The description of desorption of phosphate from soil. Journal of Soil Science, London, 30(2):259-70, June 1979.
2. _____. A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil. Journal of Soil Science, London, 34(4):33-50, Dec. 1983.
3. _____. On the reversibility of phosphate sorption by soils. Journal of Soil Science, London, 34(4):751-8, Dec. 1983.
4. _____ & SHAW, T.C. The slow reactions between soil and anions. 5. Effects of period of prior contact on the desorption of phosphate from soils. Soil Science, Baltimore, 119(4):311-20, Apr. 1975.
5. _____ & _____. The slow reactions between soil and anions. 2. Effect of time and temperature on the decrease in phosphate concentration in soil solution. Soil Science, Baltimore, 119(2):167-77, Feb. 1975.

6. BAYLIS, G.T.S. Root hairs and phycomycetous mycorrhizas in phosphorus deficient soil. Plant and Soil, Netherlands, 33:713-6, 1970.
7. BIELESKI, R.L. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 24:225-52, 1973.
8. BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A. ed. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. Vol.1, p.377-82.
9. BOUYOUCOS, G.J. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal, Madison, 43:434-8, 1951.
10. CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science, Baltimore, 84:133-44, 1957.
11. CRESS, W.A.; THRONEBERRY, T.O. & LINDSEY, D.L. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non-mycorrhizal tomato roots. Plant Physiology, Baltimore, 64(3):484-7, Sept. 1979.
12. CRUSH, J.R. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. New Phytologist, Oxford, 73:743-9, 1974.
13. CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. Soil Science Society of America Journal, Madison, 48(2):341-6, Mar./Apr. 1984.

14. DAFT, M.S. & EL-GIHAMI, A.A. Effects of *Glomus* infection on three legumes. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P. B. Endomycorrhizas. London, Academic Press, 1975. 626p.
15. DANIELS, B.A. & SKIPPER, H.D. Methods for recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: SCHENCK, N.C. ed. Methods and principles of mycorrhizal research. St. Paul, American Phytopathological Society, 1982. p.29-35.
16. DELORENZINI, C.; BAREA, J.M. & OLIVARES, J. Fertilización biológica (micorriza + Rhizobium + fosfobactérias) de *Trifolium pratense* en diferentes condiciones de cultivo. Revista Latinoamericana de Microbiologia, México, 21:129-34, 1979.
17. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1979. n.p.
18. FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S. & AQUINO, L.H. de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4 (1):5-8, Jan./Abr. 1980.

19. GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, Oxford, 84:484-500, 1980.
20. HAYS, R.; REID, C.P.P.; St. JOHAN, T.V. & COLEMAN, D.C. Effects of nitrogen and phosphorus on Blue Grama growth and micorrhizal infection. Oecologia, New York, 54:260-5, 1982.
21. HEILMAN, M.D.; CARTER, D.L. & GONZÁLES, C.L. The ethylene glycol monoethyl ether (EMEG) technique for determining soil-surface area. Soil Science, Baltimore, 100:409-13, 1965.
22. HSU, Pa Ho. Adsorption of phosphate by aluminium and iron in soils. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 28:474-8, 1964.
23. HUNTER, H.A. Laboratory analysis of vegetal tissues samples. Raleigh, NCSU, 1975. 5p. (Mimeografado).
24. LOPES, A.S. Solos sob "cerrado"; características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162p.
25. LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O. & ZAMBOLIM, L. Caracterização das Micorrizas Vesicular-Arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7(1):1-19, jan./abr. 1983.

26. MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhizae research for tropical agriculture. Hawaii, Hawaii Instituto for Tropical Agriculture and Human Resources, 1981. 82p. (Research Bulletin, 194).
27. MUNNS, D.N. & FOX, R.L. The slow reaction wich continues after phosphate adsorption; kinetcs and equilibrium in some tropical soils. Soil Science Society of American Journal, Madison, 40(1):46-51, Jan./Feb. 1976.
28. MURDOCH, C.L.; JABKOBBS, J.A. & GERDEMANN, J.W. Utilization of phosphorus sources of diferent availability by mycorrhizal and non-micorrhizal maize. Plant and Soil, Netherlands, 27(3):329-43, 1967.
29. OLSEN, S.R. & KHASAWNEH, F.E. Use and limitations of physico-chemical criteria for assessing the status of phosphorus in soil. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.S. The role of phosphorus in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.361-410.
30. PAIRUNAN, A.K.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L.K. The effective -ness of VAN in increasing growth and phosphorus uptake of *Subterranean clover* from phosphorus sources of diferent solubilites. New Phytologist, Oxford, 84:327-38, 1980.
31. PARFITT, R.L. The availability of P from phosphate goethite brinding complexes. Desorption and uptake by Ryegrass. Plant and Soil, Netherlands, 53(1):55-65, Oct. 1979.

32. PETERSEN, G.W. & COREY, R.B. A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of soil phosphates. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 30 (5):563-5, Sept./Oct. 1966.
33. POWELL, L.L. & DANIEL, J. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from a phosphate deficient soil. New Phytologist, Oxford, 80: 351-8, 1978.
34. QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, 1983. Anais ... Campinas, SBCS, 1983. p.32-48.
35. RÅJAN, S.S.S. & FOX, R.L. Phosphate adsorption by soils. II - Reactions in tropical acid soils. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 39(5):846-57, Sep./Oct. 1975.
36. REZENDE, M.; CURI, N. & SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações. Piracicaba, MEC/ESAL/POTAFÓS, 1988. 81p.
37. RHODES, L.R. & GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. New Phytologist, Oxford, 75:555-61, 1975.

38. ROBSON, A.D.; O'HARA & ABBOTT, L.K. Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by Subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). Australian Journal of Plant Physiology, Melburn, 8:427-36, 1981.
39. ROSS, J.P. & GILLIAN, J.W. Effect of endogone mycorrhiza on P uptake by soybeans from inorganic phosphate. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 37(2): 237-9, Mar./Apr. 1973.
40. SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. Advances in Agronomy, New York, 34:279-406, 1981.
41. SANDERS, F.E. & TINKER, P.B. Phosphate flow into mycorrhizal roots. Pesticide Science, Oxford, 4:385-95, 1973.
42. SIQUEIRA, J.O. & PAULA, M.A. Efeito de micorrizas vesículo-arbusculares na nutrição e aproveitamento de fósforo pela soja em solo sob cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(2):97-102, maio/ago. 1986.
43. SOUZA, J.A. Relações entre formas de ferro e sorção de fósforo em latossolos sob cerrado do Planalto Central. Lavras, ESAL, 1985. 70p. (Tese MS).
44. TATE, K.R. The biological transformation of P in soil. Plant and Soil, Netherlands, 76(1-3):245-56, 1984.

45. TINKER, P.B. Economy and chemistry of phosphorus. Nature, London, 270(5632):103-4, Nov. 1977.
46. TISDALE, S.R. & NELSEN, W.C. Soil fertility and fertilizer. 2.ed. New York, Macmillan, 1966. 694p.
47. VAN RAIJ, B. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 142p.
48. VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p.
49. YOUNG, C.C.; JUANG, T.C. & GOO, H.Y. Evidence for VA micorrhizal enhanced uptake of fixed soil phosphates. Soils and Fertilizers in Taiwan, Taiwan, 1:1-5, 1984.

APÊNDICE

Quadro A-1. Fertilidade do solo após diferentes tratamentos - Média de 3 repetições -
ESAL, Lavras - MG

Tratamentos	P adicionado (% AMF)	Micorriza	Unidades (ppm)									pH água
			P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Al	
Latossolo Roxo (G ₆)												
Braquiária	5	-M	2,3	91	2,14	0,93	4,18	4,4	43,5	64,6	0,23	4,77
		+M	2,0	5	1,75	0,42	4,77	4,2	48,7	57,8	0,13	5,48
	12,5	-M	3,0	6	2,67	0,57	4,43	4,1	49,3	60,7	0,17	5,28
		+M	3,0	6	2,10	0,16	5,05	4,8	51,5	58,7	0,10	5,43
Estilosantes	5	-M	2,0	96	1,95	1,05	5,08	4,8	45,3	58,4	0,10	4,80
		+M	2,0	24	1,38	1,03	4,17	4,3	41,4	58,0	0,13	5,20
	12,5	-M	4,0	93	2,58	0,90	4,55	4,6	47,6	65,4	0,13	4,98
		+M	3,7	13	1,91	0,97	5,98	4,5	45,6	65,3	0,10	5,38
Não cultivado	0		1,0									
	5		2,0									
	12,5		5,0									
Latossolo Variação Una (G ₁)												
Braquiária	5	-M	3,0	99	3,98	1,29	6,60	5,1	113,9	157,7	0,10	4,98
		+M	3,0	7	3,56	0,48	4,18	5,6	99,0	123,7	0,10	5,68
	12,5	-M	7,0	6	4,80	0,18	4,67	3,8	100,3	116,1	0,10	5,68
		+M	6,3	7	4,66	0,20	4,87	3,8	101,7	133,3	0,10	5,63
Estilosantes	5	-M	3,0	134	3,69	1,24	5,25	4,6	113,0	150,3	0,10	5,28
		+M	3,0	18	3,08	1,30	5,12	4,7	112,3	139,8	0,10	5,68
	12,5	-M	8,0	131	5,34	1,14	5,40	5,1	96,7	148,2	0,10	5,30
		+M	8,0	32	4,50	1,12	5,63	5,0	98,2	134,3	0,10	5,53
Não cultivado	0		1,0									
	5		3,0									
	12,5		9,0									